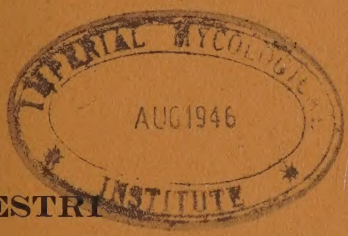
R. UNIVERSITÀ DI PISA
ISTITUTO DI PATOLOGIA VEGETALE
E DI MICROBIOLOGIA AGRARIA E TECNICA
R. OSSERVATORIO REGIONALE DI FITOPATOLOGIA



152

O. VERONA e G. CELESTRI

L'ALIMENTAZIONE MINERALE DEI VEGETALI IN RAPPORTO AL LORO STATO DI SANITÀ.

II

INFLUENZA DEI SALI DI POTASSIO SULLO SVILUPPO DI ALCUNE MALATTIE BATTERICHE.

Estratto dal *Bollettino della Facoltà di Agraria*
Vol. XIII - 1937 - XV

PISA, PREMIATO STABILIMENTO TIPOGRAFICO G. CURSI & FIGLI - 1937 XV

O. VERONA e G. CELESTRI

L' ALIMENTAZIONE MINERALE DEI VEGETALI IN RAPPORTO AL LORO STATO DI SANITÀ.

II

INFLUENZA DEI SALI DI POTASSIO SULLO SVILUPPO DI ALCUNE MALATTIE BATTERICHE.

RIASSUNTO: *Saggiato il comportamento di alcuni sali di potassio sullo sviluppo di malattie batteriche, gli Aa. hanno potuto stabilire che detti sali esplicano azione favorevole sulla resistenza delle piante di fronte al parassitismo dei batteri. Connettono tale resistenza a fattori di natura istologica e non escludono che tali sali agiscano in dipendenza dell' anione.*

SOMMARIO

1 – L' ufficio biologico del potassio
2 – Il potassio fattore di resistenza
3 – Esperienze di resistenza ad infezioni batteriche
4 – Discussione dei risultati.

I – *L' ufficio biologico del potassio.*

Tutti sono concordi nell' annettere al potassio (che si rinviene abbondantemente nelle piante e, specie, negli organi giovani) una importante azione nel metabolismo organico.

Piante sperimentalmente allevate in presenza di quantità insufficienti di potassio muoiono molto presto, prima di piante allevate in difetto di azoto e di fosforo.

Il suo ufficio sembra essere energetico più che plastico; ma a funzione complessa ed ancor oggi non precisata. Certo è che la sua presenza favorisce la formazione delle membrane lignificate e lo sviluppo, in genere, di tutti gli elementi meccanici.

Già LIEBIG aveva osservato che il potassio predomina nei tessuti amiliferi e NOTTE dimostrò, infatti, che la sintesi dell' amido in piante allevate in sua assenza si inizia solo a distanza di due o tre giorni dalla somministrazione di un sale di questo elemento. In pratica, del resto, è risaputo come le piante destinate alla produzione di zucchero e di amido si giovino grandemente di somministrazioni potassiche. Ciò lascia dunque presumere, pur mancandone una sufficiente dimostrazione, che il potassio abbia un qualche ufficio, forse di stimolo, nel processo di assimilazione fotosintetica (WILFARTH e WIMMER). Almeno nella prima fase di questa, secondo ROHDE, il suo intervento è ammesso senz' altro. Esso si porterebbe sull' influenza della luce, risultando non assorbite, ma riflesse, le radiazioni verdi e azzurre.

Senza dubbio esso compie un grande ufficio anche nel metabolismo dell'azoto (WEEVERS, TURTSHIN, NIGHTINGALE, SCHERMERHORN, ROBBINS); la sua assenza impedirebbe l' organicazione di questo elemento e prima ancora, forse, l'assimilazione, specialmente se fornito come composti ammoniacali. Il suo difetto – eccedendo calcio e sodio – ostacolerebbe la sintesi delle sostanze proteiche a partire dalle combinazioni organiche azotate più semplici; donde un accumulo nelle piante di azoto non proteico.

Altri, fra i quali STOKLASA, vedrebbero nel potassio un attivatore dei processi respiratori. In effetti, piante allevate in assenza di potassio dimostrano una funzione respiratoria attiva nei primi stadi di sviluppo e più tardi un notevole rallentamento della stessa (GREGORY e RICHARDS). Se, con LOEW, si ammette che il potassio favorisca i processi ossidativi (e WARBURG lo ammette senz'altro) dovrebbe dedursi che l' aumento respiratorio iniziale sia dovuto ad incremento della respirazione intramolecolare – che è patologica. La successiva diminuzione dell'attività respiratoria invece (ammesso che la respirazione aerobica sia una ferrocatalisi) andrebbe riferita al me-

tabolismo del ferro che, in mancanza di potassio, viene immobilizzato nei tessuti.

HANSTEEN e CRANNER pensano che il potassio favorisca l'entrata dell'acqua nelle cellule e che in questo ufficio sia insostituibile dai cationi bivalenti.

SCHMALFUSS ritiene che esso regoli la traspirazione con risultato fisiopatologico, poichè, mancando il potassio, esso viene considerevolmente accresciuta. Egli avrebbe osservato, al riguardo, che il consumo di acqua per unità di materia secca prodotta è del 25% superiore in assenza che non in presenza del potassio.

Infine, va ricordato come sia del tutto recente l'idea che lo ione K agisca fisiologicamente in virtù della sua debole radioattività la quale stimolerebbe e accelererebbe le funzioni vitali del citoplasma e i fenomeni cariocinetici che in ogni caso appaiono, per difetto di potassio, inibiti. (REED, STOKLASA).

L'ufficio del potassio, adunque, sembra complesso; e siccome può soltanto in parte venire sostituito da elementi dello stesso gruppo, devesi concludere come esso sia chiamato a compiere nella pianta, oltre alle funzioni principali insostituibili, altre accessorie. La sua azione varia, del resto, a seconda della forma nella quale si presenta salificato, non ostante che in ogni caso risulti assorbito, purchè in dosi non tossiche. La completa sostituzione di esso con altri elementi alcalini – sodio, rubidio, cesio, litio – non è possibile. Anzi, somministrazioni relativamente forti di litio e di rubidio provocano fenomeni d'intossicamento (SCHARRER e SCHROPP), mentre il sodio è, in confronto, meglio tollerato compiendo forse un qualche ufficio complementare.

2. – *Il potassio fattore di resistenza.*

Ciò premesso, è da constatare come piante allevate in assenza o in difetto di potassio subiscono alterazioni varie, fisico-chimiche,

citologiche, istologiche, ripercuotentisi sull'aspetto generale della pianta (HOAGLAND).

Per diminuita percentuale di potassio aumenta nei tessuti il tenore di calcio e magnesio con quelle conseguenze che si connettono all'eccesso di questi elementi. Per contro diminuisce la somma degli equivalenti delle basi inorganiche e con essa la conducibilità elettrolitica dei succhi. D'altra parte, costituendo il potassio la base essenziale del sistema tampone, nelle piante carenti di questo elemento tale sistema si modifica e la reazione si altera. Parallelamente risulta turbato l'equilibrio idrico (MERKENSCHLAGER) e modificata la composizione organica della pianta, come già si è accennato, con aumento di materiali azotati solubili, sopratutto amidi e aminoacidi (ERTEL, RICHARDS, WLODEK, NIGHTINGALE, SCHERMERHORN e ROBBINS), ma anche nitrati e sali ammonici (TURTSCHIN), mentre talvolta può risultare esagerata o meno, a seconda del momento dell'esame e delle circostanze, la produzione degli zuccheri e dell'amido (JANSSEN, ERTEL, DHEIN, DEUBER, NIGHTINGALE e altri). La diminuita capacità di riduzione dei nitrati va ricercata nel fatto che a un difetto di potassio fa riscontro una immobilizzazione del ferro (come HOFFER ha dimostrato per le piante di Mais); e nella circostanza che il ferro nel processo di riduzione dei nitrati si comporta come catalizzatore (WARBURG, DITTRICH). La mancata migrazione del ferro a causa dell'insufficiente provvista di potassio nelle foglie, organi elaboranti, impedisce la riduzione dei nitrati e ne provoca, quindi, un accumulo nei tessuti K-carenti.

Il turbato metabolismo dei carboidrati è da relazionarsi alle modificate attività enzimatiche riguardanti l'invertasi e l'amilasi.

Gli effetti citologici sono anche di grande rilievo per quello che è dato di desumere da uno studio di DUFRÉNOY relativo invero ad osservazioni eseguite soltanto su cellule radicali di piante di limone.

Non si hanno tuttavia dati che lascino presumere effetti diversi in altre piante. Ed allora, per quanto è noto, la deficienza di

potassio inibirebbe la differenziazione cellulare sì che le cellule meristematiche continuerebbero a dividersi senza allungarsi e differenziarsi costituendo un cercine di cellule isodiametriche. Perciò la radice, ad es., invece di affinarsi, si allarga in un mammellone anulare. Nelle cellule periferiche (ove, normalmente, i mitocondri sono filamentosi e uniformemente ripartiti nel citoplasma) l' apparecchio mitocondriale tende ad agglutinarsi in una determinata regione del citoplasma che prende aspetto di reticolo rifrangente nel quale i globuli di grasso divengono di più in più numerosi e voluminosi, mentre i mitocondri divengono corti e larghi. Tale reticolo fortemente colorabile, appare nella massa del citoplasma quale un corpo vacuolizzato ipercromatico come quello che lo stesso DUFRÉNOY ha descritto in cellule morte per inanizione nelle colture asettiche ed omologo alle inclusioni spesso descritte nelle cellule di piante affette da virus.

In ogni caso, questa locale modificazione del citoplasma è indice di esagerate ossidazioni intracellulari correlative di una rimobilizzazione dei complessi lipoproteici nel territorio citoplasmatico che le riguardano. Tratterebbesi di un breve periodo di attività proteolitica alla quale fa seguito la brusca morte delle cellule. Tuttavia questa rende disponibile per gli elementi meristematici vicini una parte del potassio utilizzato e permette una breve ripresa dello sviluppo arrestatosi per la sua mancanza.

Subentra però di nuovo un'altra fase necrotica, seguita da nuova più ridotta attività e, così di seguito, per modo che nella radice ha luogo una serie di cicli alternati di accrescimento e di necrotizzazioni, derivandone un complesso di mammelloni incastrati. Questo processo è sopratutto evidente quando con il potassio manchi il calcio, di modo che le cellule carenzate sono rese libere in seguito al dissolvimento della lamella mediana costituita da pectato di calcio.

Mancando magnesio viene anche inibito nelle cellule del parenchima corticale il deposito di amido, evolvendosi i mitocondri in amiloplasti. Circa poi la pigmentazione, avuto speciale riguardo a quella clorofilliana, sembra che, in difetto di potassio, venga a diminuire la clorofilla B a preferenza della A (Wlodek). D'altre parte, se la carenza di potassio non è assoluta ma relativa ad un eccesso di azoto, allora è il contenuto in carotina che si fa minore (Remy e Liesegang) (1).

Dal punto di vista istologico è sui tessuti meccanici che sopratutto si manifesta la carenza di potassio sia essa quantitativa che qualitativa.

Difatti, per quanto concerne il difetto qualitativo – per il quale entra in giuoco la natura dell'anione al quale il potassio è legato – alcune esperienze (Lowig) dimostrano come non si ottengano uguali effetti ad es., da somministrazioni di cloruro, solfato, silicato, carbonato, citrato. Carbonato e citrato non contribuiscono affatto all' irrobustimento dei tessuti di sostegno a differenza degli altri composti, sopratutto del silicato che contribuisce non soltanto a rendere le membrane cellulari dei clorenchimi e degli sclerenchimi più spesse per un maggior apporto di cellulosa, ma anche più robuste per un deposito di silice.

Inoltre, al consolidamento dei tessuti meccanici, come anche di quelli fondamentali e tegumentali concorre in uno con l'inspessimento parietale il ridotto lume delle cellule che implica un maggiore sviluppo delle membrane (Alten e Golze)

Con l' indebolimento dei tessuti meccanici e protettivi per ca-

(1) – Il fatto assume particolare importanza essendo riconosciuto che per processi ossidativi delle carotine possono prendere origine non soltanto nuovi pigmenti ma anche sostanze dotate di caratteristico odore e sapore. Il cattivo gusto di patate K-carenti è probabilmente riferibile a questa circostanza; e così il mancato bel colore di alcune frutta.

renza di potassio il parenchima corticale si fa largo e spugnoso, mentre i tessuti del cambio riducono la loro attività.

Tali modificazioni fisico-chimiche, citologiche, istologiche si riflettono, necessariamente, sul complesso organico della pianta con riduzione di organi, necrosi locali, precedute o meno da aree di decolorazione, limitato accestimento e ritardo di maturazione delle cariossidi nelle Graminacee, forme di deperimento generale con caratteri non sempre specifici per le diverse specie di vegetali.

Le piante K-carenti, di conseguenza, per le loro minorate condizioni cito-istologiche e fisiologiche, più facilmente risentono gli effetti delle malattie, sia non parassitarie che parassitarie.

Così, nell'ambito delle prime, la carenza di potassio costituisce per le Graminacee una delle cause predisponenti all'allettamento che altrimenti più difficilmente si verifica dato il maggiore sviluppo del sistema meccanico (Berkner e Schlimm). Ancora le Graminacee oltre ad altre piante, in difetto di ioni K, si presentano più sensibili all' azione del freddo. Questa minore resistenza al freddo delle piante K-carenti non deve essere ricercata nel fatto che i sali potassici, determinando una minore perdita d' acqua nel suolo diminuiscono anche le perdite di calore per irradiazione, ma si bene - elevandosi la concentrazione dei sali disciolti nel succo cellulare - ad un abbassamento del punto di congelamento dello stesso succo cellulare (Petri).

Concomitante ad una limitata disponibilità di calce l'assenza di potassio provoca nelle foglie delle viti (Zacharewicz, Ravaz e Verge) un particolare arrossamento non parassitario collegato ad una debole migrazione dei carboidrati e ad un' abbondante formazione di antocianina.

Ancora in materia di malattie non parassitarie, per la presenza di sali di potassio si giungerebbe nei frutti di limone ad una cicatrizzazione più rapida delle ferite determinantesi sul mesocarpio (Sindoni).

Passando alle malattie parassitarie e appena ricordando come il potassio diminuisca nel Tabacco gli effetti del mosaico infettivo (SPENCER), si trova che le piante K-carenti più facilmente appaiono predisposte all'attacco di Schizomiceti.

RIVES, allestendo tre serie di vasi con sabbia e coltivandovi geranio diversamente concimato osservò che, in conseguenza di inoculazioni di *Bact. tumefaciens*, i tumori più grossi si svilupparono nei gerani allevati in assenza di potassio. Questa influenza che il potassio eserciterebbe sullo sviluppo dei tumori da *Bact. tumefaciens* si vorrebbe spiegare con un antagonismo radio-fisiologico esercitantesi fra radiazioni emesse dal potassio e le radiazioni mitogenetiche del Batterio (MAGROU) in analogia all'antagonismo che esiste, secondo ZWARDEMAKER, HAMBURGER, GUNSBURG ecc., tra i sali di potassio e i sali di radio.

Altre malattie batteriche favorite dalla mancanza o deficienza di potassio sono la Cancrena molle dei tuberi di Patata (SCHLUMBERG) e, della stessa pianta, la così detta Malattia della gamba nera (MULLER). Ancora per quanto riguarda la Patata sarebbe da ritenersi favorita dalla stessa causa la comparsa di quel gruppo di morbi compresi nella denominazione di Scabbia o "schorf„ (REMY, ODLAND) sia essa dovuta ad Attinomiceti che a *Rhizoctonia solani* Kühn (JANSSEN) od altro. Sempre nella Patata è favorito in difetto di potassio l'attacco da parte della *Phytophthora infestans* DE BARY (JANSSEN, REMY, HOLLRUNG) mentre Patate non carenti di potassio sono meno soggette al marciume secco da *Fusarium solani* (MART.) SACC. Nell' ambito delle Peronosporacee il potassio manifesterebbe favorevole azione contro la *Phytophthora infestans* e contro la *Peronospora parasitica* (PERS.) Tul. secondo QUANJER ma non secondo CHUPP, mentre preserverebbe il Luppolo dagli attacchi di *Pseudoperonospora humuli* (BLATTNY e DUCHON).

Passando al altri parassiti, la *Sclerotinia* più facilmente attaccherebbe Carota e Cicoria in presenza di potassio (LAURENT).

La malattia delle Graminacee e, sopratutto, del Frumento qualificata come " mal del piede „ viene notoriamente ostacolata dalle concimazioni potassiche le quali, aumentando l' acidità del terreno, contrastano lo sviluppo dell'*Ophiobolus graminis* e degli altri miceti che sono causa del morbo. Inoltre, dato che il mal del piede pur si verifica in terreni già di loro natura acidi e non sempre è dovuto all' attacco dell'*Ophiobolus* il potassio potrebbe agire in dipendenza dell' irrobustimento delle radici.

Contro la *Podosphaera leucotricha* (Ell. et Ev.) Salm. causa del «mal bianco» dei Meli a nulla gioverebbero, per Janke, le concimazioni potassiche.

La maggiore resistenza delle piante non K-carenti alle infezioni da Erisifacee è stata, invece, segnalata. Se ne è occupato particolarmente Lowic il quale ha ricercato non solo l' influenza sulla infezione dello ione K ma anche l' influenza dell'anione. Dei diversi sali potassici sperimentati i migliori effetti furono conseguiti a mezzo di silicato e poi di solfato e cloruro: effetti nulli si ottennero con carbonato e citrato. Il meccanismo di questa resistenza trova la sua ragione nell' irrobustimento dei tessuti tegumentali e meccanici.

La relativa resistenza che le Graminacee offrono agli attacchi delle Ruggini in conseguenza delle concimazioni potassiche è un fatto abbastanza noto, molto studiato se non dimostrato; nonostante che tale resistenza vari con le diverse Ruggini (Gassner e Hassebrank) e con le diverse varietà di Cereale (Hassebrank). Il meccanismo ne è stato primamente ricercato in modificazioni di natura anatomica; ma più recenti ipotesi lo farebbero dipendere da variazioni del tenore acido dei succhi o dalla radioattività del potassio. Un fatto non escluderebbe l' altro: forse, anzi, potrebbero concorrervi entrambi, sebbene alle variazioni istologiche si ritenga che spetti la maggiore importanza.

Riguardo ai Carboni Staniszkier avrebbe osservato che l' infezione del Miglio da parte di *Ustilago Panici-miliacei* si manifeste-

rebbe più grave nelle piante sviluppate in assenza di potassio. D'altra parte v'é chi afferma (HAUSER) che il potassio predispone il Frumento alla Carie.

Con riferimento ai Funghi imperfetti, più volte è stata segnalala (FERRIS, NEAL, RAST, YOUNG, WARE, JANSSEN, WALKER, POPE) la benefica azione della Kainite e dei concimi potassici, in genere, contro l'avvizzimento del Cotone da *Fusarium vasinfectum* ATK. La stessa osservazione è stata fatta a riguardo degli attacchi di *Botrytis* su piante di *Vicia Faba L.* causanti una malattia delle foglie nota con il nome di macchie di cioccolata ("chocolate spot„). (SCOTT, WATSON, CAVIE). Benefici effetti avrebbe anche il potassio, specie se unito al fosforo, contro il " brusone „ del Riso *(Piricularia oryzae* BR. et CAV.) in Giappone. Del pari, esso agirebbe contro il marciume secco della patata prodotto da *Fusarium solani* ricordato, come contro i marciumi, in genere, dei frutti. Frutti di Arancio della var. " Sanguinella moscato„ ad es., raccolti su piante concimate esclusivamente con solfato potassico hanno presentato una maggiore resistenza al marciume prodotto da *Penicillium digitatum* (PERS.) SACC. Anche in questi fatti è da supporre una conseguenza dell' irrobustimento del sistema tegumentale e dell' intiera pianta.

3. – *Esperienze di resistenza a infezioni batteriche*

1. ESPERIENZA CON LA COPPIA: GERANIO - BACT. TUMEFACIENS

Queste esperienze sono state suggerite da un lavoro di RIVES (C. R. Ac. d' Agr. de France, **18**, *63*, 1932) del quale costituiscono una ripetizione ed estensione.

Per esse abbiamo coltivato in vasi contenenti sabbia (1) talee di

(1) – Per queste e per le prove successive si è fatto uso di sabbia di fiume (Arno) avente la composizione seguente:

acqua	%	0,720
sostanza organica	„	1,520

(segue)

Geranio che, dopo sicuro attecchimento, furono concimate giusta il prospetto seguente:

serie *a* – per vaso contenente Kg. 2 di sabbia:

solfato ammonico	gr. 1,5
perfosfato	„ 1,5
cloruro potassico	„ 1,5
calce viva	„ 2,–

serie *b* – idem come sopra:

solfato ammonico	gr. 1,5
perfosfato	„ 1,5
cloruro potassico	„ 1,5
cloruro magnesio	„ 2,5

serie *c* – idem come sopra (serie K-carente):

solfato ammonico	gr. 1,5
perfosfato	„ 1,5

---

calcare	% 20.300
P_2O_5	„ tracce in ac. deboli; gr. 0.047 % in HCl conc. e a caldo.
K_2O	„ 0.0082 in HCl conc. a caldo

(Per la determinazione della potassa si fece uso di metodo microchimico, date le piccole quantità presenti).

Con riferimento a quanto è stato esposto da C. Ferrari *(Sul dosamento colorimetrico del potassio.* Memorie della R. Acc. di Scienze dell'Ist. di Bologna, Ser. 9ª 4, 27, 1937) le ceneri delle piante vennero sciolte in HCl dil., evaporate a secco e riprese con acqua bollente. Si filtrò, si ridusse il volume del liquido a circa cc. 2, si introdusse in una provetta da centrifuga e aggiunto 2 cc. di reattivo al cobaltonitrito sodico. Dopo 12 ore di riposo fu centrifugato; indi fu decantato il liquido soprastante al precipitato, lavato questo con acqua più volte, centrifugando e decantando ed infine ripetuta questa operazione con alcool al 50 %.

Al precipitato così lavato fu aggiunto qualche goccia di HCl conc. e riscaldato a b. m. fino a completo sviluppo di vapori nitrosi. Il liquido risultante si svaporò a b. m. indi furono aggiunti 10 cc. di sol. alcoolica al 5 % di solfocianato ammonico ottenendone colorazione azzurra. A parte, con identico procedimento, fu preparata una scala di confronto partendo da una soluzione di KCl a titolo noto.

serie *d* – idem come sopra (prova estensiva)

solfato ammonico	gr. 1,5	
perfosfato	„ 1,5	
solfato potassico	„ 1,76	(corrispondente, avuto riferimento al K, a gr. 1,5 di sale cloruro)
calce viva	„ 2,–	

Ogni serie risultava di tre vasi contenenti ciascuno N. 2 piante. La concimazione ebbe luogo il 27-1-37.

L' inoculazione fu eseguita a mezzo di ago il 13-II-37 con il ceppo Magrou di *Bact. tumefaciens* gentilmente favorito dal Prof. V. Rivera della R. Università di Perugia e il cui potere tubercoligeno era stato preventivamente accertato mediante inoculazioni su giovani piantine di Ricino all' uopo coltivate in serra.

Le piante così inoculate furono trattenute in serra fino a tutto aprile, indi trasportate all' aperto nel campo sperimentale dell' Istituto. Il progresso dell' infezione fu seguito fino a tutto giugno; o in altri termini, l'esperienza venne interrotta dopo 135 giorni circa dalle avvenute inoculazioni.

Seguendo fin dall' inizio l' esperimento fu agevole di notare come la reazione neoplastica ed il suo successivo svolgersi si manifestassero decisamente più evidenti nelle serie *d* e *c*, vale a dire ove era contenuto solfato potassico e dove non era stato aggiunto potassio. Ciò appariva assai chiaro verso la fine di aprile, epoca in cui, nei vasi delle serie *a* e *b*, appena si manifestava percettibile l' apparire dei tumori. Tale constatazione fu poi confermata dalle osservazioni successive; senonchè, negli ultimi tempi, anche i tumori delle piante della serie *a* assunsero sviluppo più che mediocre. Di questi fatti ci si può formare idea scorrendo il presente prospetto indicante convenzionalmente lo sviluppo presentato dai tumori in momenti diversi:

	20-IV-37	1-VI-37	30-VI-37
serie *a* (KCl – Ca)	++ + +	++++ + ++	++++ ++ ++
serie *b* (KCl – Mg)	+ + +	+ + ++	+ + ++
serie *c* (—)	+++ +++ ++	+++ ++++ ++	+++ ++++ +++
serie *d* (K_2SO_4 – Ca)	++ +++ ++++	++ ++++ +++++	+++ ++++ +++++

Di netta evidenza è poi la fotografia di Tav. I eseguita a fine esperimento (30-VI-37) e nella quale viene presentato un esemplare di ogni serie.

Come indispensabile complemento delle osservazioni eseguite a termine dell'esperienza furono dosate, (1) nel tumore e negli organi immediatamente adiacenti, le quantità presenti di K_2O e, permettendolo sia il materiale che i metodi seguiti, la P_2O_5.

I risultati di queste indagini figurano nel prospetto seguente:

---

(1) – Leggendo lavori di altri sperimentatori concernenti argomenti congeneri meraviglia il fatto che moltissimi abbiano trascurato, a fine delle loro esperienze, la ricerca nella pianta dell'elemento somministrato e di cui si voleva dimostrare una qualche azione. Se ciò costituisce un lavoro lungo e, a volte, delicato, non è detto che debba per questo trascurarsi qualora si intenda di scendere a conclusioni probative. Tali lacune sopratutto si notano in quei lavori condotti con elementi rari e di cui appare laboriosa e difficile la ricerca.

		mgr. % di K_2O e di P_2O_5 nella sostanza secca e nelle ceneri			
		sostanza secca		ceneri	
		K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5
serie *a*	nei tessuti sopra il tumore	1.79	1.26	10.94	8.34
	nel tumore	*3* (2.23)	3.47	*18.18*	21.-
	nei tessuti sotto il tumore	1.91	1.55	13.50	10.96
serie *b*	nei tessuti sopra il tumore	2.78	1.90	15.7	10.72
	nel tumore	*3.84* (3.09)	4.52	*14.-*	16.3
	nei tessuti sotto il tumore	2.66	1.55	15.15	8.82
serie *c*	nei tessuti sopra il tumore	0.75	0.48	10.47	6.84
	nel tumore	*2.81* (1.55)	1.96	*20.-*	14.-
	nei tessuti sotto il tumore	1.09	2.18	15.5	31.-
serie *d*	nei tessuti sopra il tumore	0.96	?	7.06	?
	nel tumore	*3.66* (1.97)	1.09	*23.8*	12.28
	nei tessuti sotto il tumore	1.29	?	10.6	?

Questi risultati verranno discussi nell' ultima parte comparativamente a quelli ottenuti nelle esperienze successivamente descritte.

II – Esperienze con la coppia: Ricino – Bact. tumefaciens

A) *In colture acquose.*

Al fine di metterci in condizioni di maggiore rigore, in questo secondo gruppo di esperienze abbiamo voluto eseguire anche prove in colture acquose.

Si fece uso, all'uopo, della soluzione di Mazè (1), allestendo serie di vasi contenenti la soluzione integrale (quindi presente potassio sotto forma di sale fosforico) oppure privata di fosfato potassico al posto del quale si aggiunsero quantità equimolecolari di acido fosforico:

serie *a*: soluz. integrale ($K_2H\ PO_4$ 0.5 ‰)

„ *b*: „ priva di $K_2H\ PO_4$, addizionata di H_3PO_4 quanto in *a*

„ *c*: „ integrale ($K_2H\ PO_4$ 1 ‰)

„ *d*: „ priva di $K_2H\ PO_4$, addizionata di H_3PO_4 quanto in *c*

In ogni vaso di ciascuna serie il 10-V-37 fu posto un esemplare proveniente da semi germinati in germinatoio. Il 12-V-37 le piante furono tutte inoculate con *Bact. tumefaciens* mediante puntura con ago nella parte alta del fusticino.

L'infezione fu seguita per un numero di giorni sufficiente a rendere l'esperimento indicativo.

I risultati furono, infatti, evidentissimi come documenta la Tav. II

---

(1) Soluzione di Mazè:

$NaNO_3$	0.5
K_2HPO_4	0.5
$MgSO_4 + 7$ acq.	0.1
$FeSO_4 + 7$ acq.	0.05
K_2SiO_3	0.02
$ZnCl_2$	0.02
$MnCl_2 + 4$ acq.	0.02
$CaCO_3$	1.5
$Al_2(SO_4)_3$,18 acq.	0.01
$Na_2B_4O_7$,10 acq.	0.004
Na Fl	0.002
KI	0.004
acqua bidistillata	1000. –

essendosi in ogni caso ottenuta formazione di tumori più grossi od a più rapido sviluppo nelle serie prive di potassio. Specialmente elo-

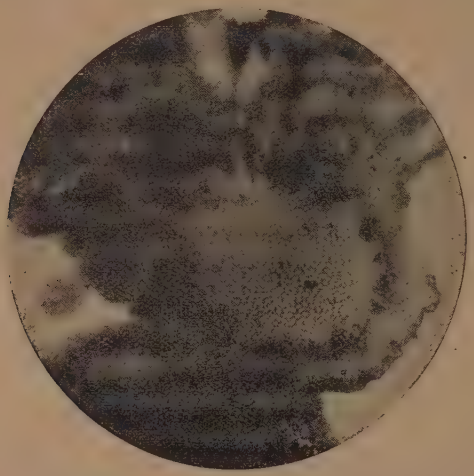


Fig. 1 – Sezione del fusto eseguita in corrispondenza del tumore in piantine di Ricino allevate in presenza di potassio.

Fig. 2 – Sez. del fusto eseguita in corrispondenza del tumore in piantine di Ricino K carenti (si nota estensione circolare del tumore).

quente apparì il fatto nelle serie *c* e *d*, contenenti la *c* una quantità di K doppia di quella normalmente contenuta nella soluzione di Mazè. Degna, poi, di particolare rilievo fu la formazione, nelle piante K-ca-

Fig. 3 – Sezione nella quale è figurato l'inizio della formazione di un tumore metastatico.

renti, di numerosi tumori metastatici in corrispondenza della parte inferiore del fusticino e al di sotto dei tumori d'infezione primitiva.

B) *In colture su sabbia.*

Ad integrazione dei precedenti reperti e al fine di avvalorare, servendoci di altra pianta, quelli conseguiti mediante infezione su Geranio (Esp. 1) eseguimmo le presenti esperienze adottando, per gli opportuni confronti, lo stesso procedimento sperimentale.

L'unica variante di dettaglio fu quella di avere fatto uso di vasi più grandi capaci di ospitare quattro piante e di aver concimato, di

conseguenza, con quantità maggiore di composti. Per l'esattezza i vasi contenevano Kg. 4 di sabbia ed i concimi aggiunti furono:

Serie *a* –	solfato ammonico	gr. 3
	perfosfato	„ 3
	cloruro potassico	„ 3
	calce viva	„ 4
Serie *b* –	solfato ammonico	gr. 3
	perfosfato	„ 3
	cloruro potassico	gr. 3
	cloruro di magnesio	„ 5
Serie *c* –	(K-carente)	
	solfato ammonico	gr. 3
	perfosfato	„ 3
Serie *d* –	solfato ammonico	gr. 3
	perfosfato	„ 3
	solfato potassico	„ 3,52
	calce viva	„ 4

La semina avvenne il 23-IV-37.

Lo sviluppo delle piante fu normale e le inoculazioni con *Bact. tumefaciens* furono eseguite a mezzo di ago il 5-V-37. L'attecchimento fu del 100 %.

Le osservazioni periodiche sullo sviluppo della reazione neoplastica dettero conferma di quanto nel frattempo si veniva osservando sul Geranio e che, cioè, lo sviluppo dei tumori appariva più manifesto nella serie *c* (K-carente) e nella serie *d* contenente solfato potassico anzichè cloruro come nella serie *a* e *b*. I fatti furono poi

confermati a termine esperienza come risulta dal prospetto seguente ed è illustrato nella Tav. III.

	Peso dei tumori in gr. (1)	
	sostanza verde per tumore	s. secca a 110°C per tumore
serie *a*	4.304	0.860
serie *b*	5.585	1.693
serie *c*	7.713	1.711
serie *d*	5.694	1.045

(1) – Medie dedotte da osservazioni eseguite su 9 piante.

Fu notata poi, nelle piante delle serie *c* e *d*, la formazione di piccoli tumori metastatici in analogia a quanto si era verificato nelle piante in coltura acquosa.

Inutile sottolineare il fatto che le piante portanti il tumore presentavano uno sviluppo inferiore rispetto ad alcune non inoculate (v. Tav. IV).

Come per le prove su Geranio, a termine esperienza, non ci siamo limitati al semplice rilievo dello sviluppo dei tumori, ma in essi e nelle parti contigue si sono ricercati e dosati la potassa e il fosforo presenti (v. pag. seguente).

Questi risultati, come quelli della esp. I, saranno discussi oltre.

III – Esperienze con la coppia: Carota – Bac. carotovorus

A) – *In colture acquose.*

Queste esperienze furono eseguite in modo perfettamente identico a quelle precedenti su Ricino (esp. II, A).

I semi di Carota furono messi a germinare in sabbia e in ter-

		mgr.% di K_2O e di P_2O_5 nella sostanza secca e nelle ceneri			
		sostanza secca		ceneri	
		K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5
serie *a*	nei tessuti sopra il tumore	4.87	0.20	26.–	2.4
	nel tumore	*3.84*	0.57	28.–	4.2
	nei tessuti sotto il tumore	2.97	0.48	22.–	3.6
serie *b*	nei tessuti sopra il tumore	5.18	0.51	30.–	3.2
	nel tumore	*2.25*	0.40	27.–	4.8
	nei tessuti sotto il tumore	2.35	0.37	19.–	3.–
serie *c*	nei tessuti sopra il tumore	4.15	0.38	30.–	2.8
	nel tumore	*3.29*	0.51	31.–	4.8
	nei tessuti sotto il tumore	1.68	0.33	14.–	2.8
serie *d*	nei tessuti sopra il tumore	4.61	0.36	26.–	2 2
	nel tumore	*5.70*	0.85	32.–	4.8
	nei tessuti sotto il tumore	4.28	0.44	25.–	2.6

mostato il 4-I-37; essendo stato il loro sviluppo piuttosto lento le piantine non si prestarono ad essere trasportate in coltura acquosa che il 5-II-37. Raggiunto un sufficiente sviluppo il 23-IV-37 furono inoculate nella parte alta del fittone con un ceppo virulento di *Bac. carotovorus* proveniente dalla " National Collection of type cultures „ di Londra. L' attecchimento ebbe esito positivo e il decorso dell' infezione fu assai rapido in ogni caso. Molto di più, però, nelle serie

K-carenti dove lo sviluppo delle piante ospiti si manifestò più ridotto che non nei vasi nei quali era presente potassio (1).

B) *In colture su sabbia.*

Corrispondono, queste esperienze, a quelle eseguite con *Bact. tumefaciens* su Geranio e Ricino. La concimazione fu contenuta, quindi, nelle stesse proporzioni e qualità. La semina ebbe luogo il 4-I-37 e la inoculazione del germe il 29-III-37. L'attecchimento di *Bac. carotovorus*, anche qui, fu positivo e il suo sviluppo rapido, dimodochè i fittoni soggiacquero ben presto a marciume. Nel determinarsi di questo e nel suo ulteriore svolgimento le piante K-carenti (serie *c*) si dimostrarono, con certa evidenza, meno resistenti. Nessuna palese differenza fu, invece, notata nelle piante delle serie *a*, *b*, *d* (non K-carenti per presenza di cloruro, *a* e *b*, o di solfato potassico, *d*).

Sarà appena il caso di accennare che lo sviluppo delle piante nelle diverse serie fu in relazione alle sostanze fertilizzanti aggiunte. Ciò potemmo in particolar modo constatare a mezzo di controlli non inoculati e dei quali, qualche esemplare, risulta in Fig. 4.

Queste stesse piante, anzi ci servirono per una ulteriore prova; furono messe, cioè, in bicchieri con acqua nella quale vennero stemperate ansate di coltura di *Bac. carotovorus*. Anche in tal modo i

(1) – Infatti, pesate due piantine, tenute di controllo, delle serie *a* e *b* fu ottenuto:

	Sostanza secca a 110°C mgr.			Ceneri mgr.		
	radici	p. aerea	totale	radici	p. aer.	totale
serie *a* (con K)	101	355	456	21	72	93
serie *b* (senza aggiunte di K)	57	190	247	14	43	57

fittoni andarono incontro a marciume e più rapidamente ed estesamente quelli provenienti da piante sviluppate in assenza di potassio.

Fig. 4 – Sviluppo di piante di carote in sabbia diversamente concimata in *A* e *B*, cloruro potassico – in *C*, senza potassio – in *D*, solfato potassico

IV – Esperienza con la coppia: Fagiuoli – Bact. phaseoli

A) – *In colture acquose.*

Come in precedenza, facemmo uso della soluzione di Mazè presente, o non, $K_2H\ PO_4$ (sostituito, nelle serie prive, con quantità equivalenti di $H_3\ PO_4$) nella quale si misero a vegetare il 13-III-37 piantine di Fagioli della varietà locale detta " S. Michele „ provenienti da semi a parte germinati in germinatoio.

Raggiunto un sufficiente sviluppo e, cioè, il 12-IV-37 le piantine furono inoculate con una coltura attiva di *Bact. phaseoli* pervenuta dalla " National Collection of type cultures „ di Londra. L'inoculazione fu eseguita mediante spruzzamento sulle foglie di una coltura in brodo.

L'attecchimento del germe fu positivo e il manifestarsi dell'infezione più rapido nelle piante K-carenti. In altri termini, nelle altre piante la malattia ebbe pure luogo ma il suo decorso fu più lento.

Anche in questo caso lo sviluppo delle piante fu correlativo alle sostanze fertilizzanti aggiunte (1).

B) – *Colture su sabbia.*

Come per le coppie precedenti.

Varietà di Fagiuoli " S. Michele „ seminati il 23-IV-37.

---

(1) – Infatti, seccate e pesate n° 3 piante che non erano state inoculate, risultò :

	Sost. verde gr.			S. secca a 110°C.			Ceneri		
	radici	p. aer.	totale	radici	p. aer.	totale	radici	p. aer.	totale
piante con K	2.263	5.245	9.367	0.257	0.455	0.712	0.053	0.094	0.147
piante senza K	1.530	4.122	5.652	0.165	0.375	0.540	0.041	0.065	0.106

L' inoculazione fu eseguita il 12-VI-37 con esito paragonabile a quello conseguito nella esperienza precedente.

4 - Discussione dei risultati

Dal complesso di quanto è stato esposto sopra i risultati delle singole esperienze può, in linea generale, concludersi che i sali di potassio favoriscono, almeno in alcune piante e per determinati germi, una effettiva resistenza alle malattie batteriche. Ciò va affermato per le coppie:

1 - *Bact. tumefaciens* - Geranio
2 - *Bact. tumefaciens* - Ricino
3 - *Bac. carotovorus* - Carota
4 - *Bact. phaseoli* - Fagiuolo

In particolare poi, per quanto si riferisce alla coppia 1) la benefica influenza del cloruro potassico risultò evidente. Confrontando inoltre lo sviluppo dei tumori ottenuti in piante sviluppate in terreni addizionati oltrechè di cloruro potassico, di calce viva o di cloruro di magnesio, si potè constatare che quest' ultimo favorì l' azione inibitrice del cloruro di potassio.

Là dove fu presente solfato potassico lo sviluppo dei tumori fu paragonabile, anzi leggermente superiore, a quello presentato dai tumori di controllo.

Il fatto si presenta singolare, ma, poichè non si riprodusse altra volta, potrebbe venire riferito a cause accidentali ed imprecisabili che abbiano influito sull' andamento dell' esperienza e, forse, provocato un minore assorbimento di potassio.

Infatti, osservando i dati relativi al tenore in K_2O nelle piante delle singole esperienze, in correlazione con lo sviluppo dei tumori, notiamo che ad un minore contenuto in potassio fanno riscontro tumori più grossi. È appena il caso di accennare che, essendosi dosato il potassio oltrechè nel tumore, nei tessuti sopra e sottostanti ad esso,